

# Hommage an Dr. Claude Seippel

Autor(en): **Darrieux, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **88 (1970)**

Heft 24: **Sonderheft zum 70. Geburtstag von Dr. C. Seippel**

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-84533>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ich allerdings nicht davon überzeugt, dass die Intuition Adolf Meyers richtig war. Um so dankenswerter erschien es mir daher, dass Claude Seippel die von Dr. A. Büchi vorgeschlagene Aufladung der Dieselmotoren in die Hand nahm. Diese war auch für die Traktion sehr wichtig. Es war im gegebenen Moment meine Aufgabe, in der Delegation gegen erhebliche Widerstände die Bewilligung grösserer Kredite für die Erweiterung dieser Fabrikation zu erwirken und das grosse Vertrauen, das ich in C. Seippel und seine Mitarbeiter setzen durfte, gestattete mir, mich persönlich mit derjenigen Energie für die Sache einzusetzen, die für den Erfolg notwendig war.

## Hommage au Dr. Claude Seippel

Par Dr. G. Darrieux, Cie. Electro-Mecanique, Paris

### 1. Turbo-machines

La Société Brown Boveri construisait depuis vingt-cinq ans à Baden des turbines à vapeur à partir de l'apport initial des brevets de Parsons, lorsqu'accueillant l'idée qu'un compresseur axial pourrait être imaginé sur le même principe, elle entreprit d'en vérifier la possibilité et d'en mener à bien la réalisation.

L'auteur se souvient notamment d'une visite, en compagnie du Dr. J. de Freudenreich, à l'exposition de Wembley en 1924, à l'occasion de la première session à Londres de la Conférence mondiale de l'énergie où, devant une turbine ouverte de Parsons laissant voir sa constitution caractéristique avec aubes inclinées à environ 45° et à degré de réaction  $\frac{1}{2}$ , le regretté chef de la plateforme d'essais de Baden, émit l'idée que cet ailettage symétrique devrait se montrer réversible et se prêter, en inversant le sens de rotation, à un fonctionnement en compresseur. Nous ignorions alors que, déjà en 1901, Parsons eût lui-même tenté de réaliser de tels compresseurs axiaux, d'ailleurs promptement abandonnés faute de résultats suffisamment satisfaisants. Ce fut sans doute le seul échec notable dans la carrière si remplie du génial constructeur, réputé, tant pour son heureuse intuition, que pour sa sûreté de vues et la volonté de persévérance qui le préservaient de tout découragement devant des insuccès momentanés.

Il est vrai qu'à cette époque la technique ne disposait pas encore de l'apport ultérieur, tant expérimental que théorique (A. G. Eiffel, L. Prandtl ...) des recherches aérodynamiques suscitées par l'aviation, tandis qu'en 1924 diverses études, notamment en Allemagne (W. Bauersfeld) avaient déjà tenté d'introduire dans les bureaux d'études de turbo-machines, le point de vue moderne qui consiste à considérer les ailettages, non plus comme des juxtapositions de canaux visant à guider plus ou moins étroitement les filets fluides (L. Euler, G. Zeuner, F. R. Lorenz ...) mais, comme des grilles d'aubes ou rangées de profils retenant de leur emploi individuel comme aile portante dans les avions, l'essentiel des caractères, comme la circulation, que leur présence dans le courant imprime à l'écoulement.

Un calcul sommaire, utilisant les coefficients de portance et de traînée mesurés en soufflerie et ramenés suivant la théorie de Prandtl, au cas idéal d'une envergure infinie, permettait ainsi d'escompter un rendement très satisfaisant, sous réserve de ne pas viser d'emblée un rapport de compression trop ambitieux.

De fait, lorsqu'en 1926 le Dr. J. de Freudenreich put faire réaliser son projet de transformer une petite turbine à réaction, comportant une dizaine d'étages, en l'équipant d'ailettes à profil modérément incurvé emprunté à l'aviation, les premiers essais révélèrent d'emblée un rendement, inattendu pour l'époque et d'ailleurs sans doute surestimé, de 80%.

Durch die Schaffung des Drucktauschers, Compres genannt, suchte C. Seippel eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der thermischen Maschinen. Wenn diese auch für den Gasturbinenprozess bis heute keine Anwendung gefunden hat, so befindet sie sich doch zurzeit für die Aufladung von Traktionsdieselmotoren in einem vielversprechenden Versuchsstadium.

Ich möchte auch an dieser Stelle Dr. C. Seippel ganz herzlich für die freundschaftliche Einstellung danken, die er mir gegenüber immer bewiesen hat, und ich hoffe, dass ihm das vorliegende Heft Freude machen wird. *Th. Boveri*

DK 92

Ce fut le point de départ d'une féconde période de développement, dont le Dr. Claude Seippel s'est trouvé dès l'origine le principal artisan, et qu'ont d'ailleurs favorisée à sa naissance, comme il l'a lui-même rappelé, deux circonstances heureuses, à savoir l'application presque aussitôt réalisée avec succès, au procédé de cracking inventé par M. Houdry, d'autre part son introduction dans le groupe turbo-compresseur de la chaudière Velox à combustion sous-pression, où le compresseur axial apportait, outre son meilleur rendement, des caractéristiques particulièrement appropriées à la turbine à gaz.

Cette nouvelle technique doit ainsi à C. Seippel, non seulement la mise au point d'une théorie et d'une méthode de calcul, mais encore l'investigation des conditions les plus favorables, notamment du degré de réaction, variable ou non d'étage en étage, compte tenu du rendement et de la stabilité, le choix des profils, l'étude en soufflerie et l'amélioration progressive de leurs caractéristiques, l'analyse des pertes et l'étude de leurs principaux facteurs, influence des jeux et pertes aux extrémités, l'optimisation des paramètres plus ou moins disponibles, compte tenu des conditions économiques, enfin la reconnaissance des domaines d'élection de la nouvelle machine, au regard de ses concurrents.

Au fur et à mesure que le rendait nécessaire l'emploi d'aubes relativement longues, cette étude s'étendait à la prise en considération de la nature tridimensionnelle de l'écoulement, aux conséquences d'une variation éventuelle de la circulation le long des aubes, en évaluant les pertes correspondantes, et pesant chaque fois, suivant le nombre plus ou moins grand d'étages intéressés, le prix d'un renoncement local à l'irrotationnalité du courant; enfin dans la voie ouverte par le professeur Dr. A. Stodola, étude des conséquences de la variation le long du rayon qu'impose au degré de réaction la force centrifuge, compte tenu de l'ondulation qui prend naissance en général pour les filets de courant dans les plans méridiens. Ces études, où la contribution personnelle de C. Seippel consiste en de nombreuses notes détaillées souvent très importantes, qu'il n'a cessé jusqu'à présent de consacrer à ces problèmes, ont fréquemment précédé de plusieurs années celles analogues auxquelles a donné lieu, notamment pendant la guerre, en Grande-Bretagne, en Allemagne, enfin aux Etats-Unis, le développement militaire et industriel du turboréacteur.

Si nous envisageons maintenant le cas général des turbo-machines, nous pouvons nous demander ce que leur réserve l'avenir. En considérant notamment, parmi leurs éléments les plus évolués, le dernier étage des turbines à vapeur de grande puissance, on ne peut, tout en rendant hommage à la réussite actuelle de cette réalisation à la pointe de la technique moderne, se défendre du sentiment qu'en particulier le contour des aubes se ressent trop, dans sa forme présente, dominée certes par les

exigences de montage et de résistance, de compromis ou de sujétions peu favorables à la manifestation d'une harmonie naturelle, telle que la laissent entrevoir davantage les premières exécutions de longues aubes tordues, progressivement rétrécies et amincies de la racine à l'extrémité.

Peut-être le problème de la vapeur humide (pertes, évacuation de l'eau condensée, usure des aubes ...) serait-il plus heureusement résolu en le supprimant radicalement par l'acceptation – en compensation des difficultés propres et de l'incertitude des résultats de la solution actuelle – de la complication indéniable que constitue l'apport d'une resurchauffe plus ou moins continue aux derniers étages; car, comme nous l'avons signalé il y a quelques années, le rendement marginal élevé de cette extension du cycle, égal, voire supérieur à l'unité en raison de la disparition des pertes dues aux gouttes d'eau, justifierait pour ce dernier apport de chaleur l'emploi de sources même relativement chères.

Peut-être aussi, comme l'a rappelé récemment C. Seippel, le recours, non encore utilisé, à des aubes directrices inclinées sur le rayon et introduisant le long du rayon une distribution appropriée de tourbillons liés, permettrait-elle de disposer dans une plus large mesure, favorable au dimensionnement final, du degré de réaction et de la distribution de la pression le long de l'aube?

## 2. Echangeur de pression

Un autre domaine où C. Seippel a joué un rôle capital est l'échangeur de pression, ultérieurement dénommé *Complex*. En 1940 la Société Brown, Boveri s'intéressait à une forme de machine thermique due à un inventeur français, *M. Lèbre*, et dont deux exemplaires, sous forme de pompe de chaleur, fonctionnaient déjà à l'École polytechnique fédérale et au Palais des Congrès de Zurich. Rappelons qu'à l'origine de ce développement se trouve l'idée de *Maurice Leblanc*, d'éviter les pertes cumulées de deux machines tournantes distinctes, en réalisant l'échange de leurs travaux respectifs de compression et de détente au sein d'une même machine n'exigeant en principe aucun apport supplémentaire d'énergie mécanique (d'où la qualificatif de «dévattée» appliqué à cette machine).

Des balayages entre lumières analogues à ceux des machines à vapeur équivariant ou des moteurs à deux temps, y faisaient ainsi se succéder dans la même enceinte un fluide chaud et un fluide froid, tandis qu'une machine d'appoint dite «wattée», turbine ou compresseur suivant la destination, moteur thermique ou pompe de chaleur, assurait directement, donc avec le minimum de pertes, la balance de la conversion de chaleur en travail du cycle.

Dans la machine Lèbre l'échange de pression est assuré plus élégamment par l'emploi d'une roue comportant un ensemble de cellules tournant à l'intérieur d'un stator pourvu de lumières, qui font communiquer alternativement les cellules, soit entre elles, soit avec les circuits de balayage pour l'échange des fluides chaud et froid à chacun des deux niveaux de pression du cycle à parcourir; la communication de travail du fluide en cours de détente à celui en cours de compression s'effectue sans le concours d'aucun piston, par la simple mise en communication échelonnée de chaque cellule avec une autre de pression voisine par l'intermédiaire d'un canal d'échange réalisant l'égalisation des pressions, au prix du passage d'une cellule à l'autre d'une petite quantité de fluide. Le caractère discontinu de cet échange, lié au nombre fini de ces gradins comporte bien une certaine perte, mais le calcul la révèle minime au regard des autres causes de pertes, d'autant plus que l'emploi d'un nombre impair de cellules équivaut à doubler le nombre des canaux d'échange. Au surplus la mise à profit, à l'exemple du fonctionnement des résonateurs d'Helmholtz, d'une résonance appropriée entre l'oscillation propre avec

échange de vitesse en pression, de l'ensemble cellules et canal de communication, et le rythme de commutation, supprime cette cause de pertes, et dans une large mesure celles dues à l'étranglement du courant à l'ouverture et à la fermeture des lumières, tout en permettant de réduire le nombre des cellules et la surface des cloisons dont dépendent les pertes, relativement importantes, par échange de chaleur et mélanges au cours des balayages.

Sur ces entrefaites la poursuite de l'étude de cet aspect dynamique du problème, a conduit en décembre 1940 C. Seippel à l'invention de l'échangeur de pression, qui, ne retenant de la pompe Lèbre que l'emploi d'une roue cellulaire, fait appel au principe tout différent d'une compression par ondes, engendrées dans les cellules par le jeu même du balayage. Non seulement la machine s'en trouvait dans une certaine mesure simplifiée, mais la meilleure intelligence des conditions de son fonctionnement, ouvrait à son utilisation, notamment comme turbine à gaz, de nouvelles ressources et possibilités d'adaptation, qui, aussitôt reconnues par l'inventeur, ont fait immédiatement de sa part l'objet d'une étude approfondie, poursuivie sans relâche ultérieurement. Cette application et cette persévérance auxquels les résultats acquis à ce jour<sup>1)</sup> sont pleinement redevables, est d'autant plus méritoire qu'une antériorité malheureuse non exploitée, critère d'ailleurs de la valeur et de l'opportunité d'une invention plus ou moins «dans l'air», plaçait déjà l'idée de principe de la compression par ondes dans le domaine public.

Mais il y a loin d'une intention inachevée à l'application soutenue qui prévoit, analyse les difficultés, imagine les moyens de les surmonter, rassemble ou crée les théories adéquates, interprète les essais et conduit finalement au succès. Cette œuvre à laquelle C. Seippel a non seulement imprimé sa direction, mais apporté une contribution personnelle prépondérante, a d'ailleurs eu de larges répercussions hors du domaine particulier de l'échangeur de pression.

Rappelons l'étude des ondes d'amplitude finie, la redécouverte par une voie élémentaire et intuitive de la théorie de *Riemann*, la détermination des écoulements dépendant de deux variables par le tracé des caractéristiques, étendant au cas des fluides compressibles la méthode graphique de *M. Schmyder*, trouvée indépendamment et considérablement étendue dans ses innombrables applications par *L. Bergeron*.

Au cours de ce long et très important développement en mécanique des fluides, le Directeur technique de la Brown, Boveri s'est sans cesse appliqué, en assimilant les apports scientifiques récents de la théorie et en montrant lui-même leur fécondité dans la technique des turbo-machines, à les faire introduire dans la formation des ingénieurs et pénétrer peu à peu dans les bureaux de construction, longtemps voués à des méthodes empiriques plus ou moins dépassées, et traditionnellement demeurés souvent trop étrangers à certains domaines, tant anciens que modernes, de la physique.

Quelles peuvent être, en revenant au cas de l'échangeur de pression, les perspectives actuelles de son développement futur? C. Seippel a lui-même reconnu et indiqué quelques directions à explorer encore.

Tout d'abord l'analyse des pertes, telle que l'avait préparée une note remarquable de *Otto Zweifel* en 1940, montre que la catégorie la plus importante en est celle due au mélange par diffusion plus ou moins turbulente qui, au cours des balayages, affecte les fronts de séparation entre les fluides de densité différente. Un premier palliatif consiste à prévoir un circuit de retour à pression intermédiaire, retenant pour les

<sup>1)</sup> *A. Wunsch*: Sur l'état d'avancement des travaux de mise au point des machines à ondes de pression destinées à la suralimentation des diesels. «*Revue Brown Boveri*» 55 (1968), No 8, p. 440.

réintégrer dans la roue cellulaire au niveau approprié, les portions de fluide plus ou moins polluées par le mélange, afin de maintenir entre les flux d'air pur et de gaz une zone tampon contribuant à réduire les gradients de concentration. Corrélativement le nombre d'ondes de compression et de détente se trouve doublé, ce qui est favorable à l'obtention d'un rapport de compression élevé sans préjudice du rendement. Une deuxième ressource consiste dans l'emploi d'un tambour cellulaire fixe et de distributeurs tournants remplaçant le stator de la construction actuelle; car le calcul et certains essais confirment que l'effet de la force centrifuge, tant sur les fronts d'onde que sur les couches limites, contribue à majorer dans de très grandes proportions, peut-être de 1 à 3, les pertes prépondérantes que sont celles par mélange et par échange de chaleur avec les parois des cellules.

Certes la construction de ces distributeurs tournants, et notamment leur équilibrage mécanique et thermique, posent bien des problèmes, mais l'avantage fondamental de ne soumettre à des parois tournantes que des fluides en principe homogènes, en sauvegardant leur écoulement théoriquement irrotationnel, paraît devoir encourager cette direction de recherches.

### 3. Conclusion

Cette brève évocation de certains aspects de la technique moderne des turbo-machines, du compresseur axial et de l'échangeur de pression, ainsi que leur rapprochement avec certains phénomènes thermoélastiques (harmonica chimique, entretien thermique des oscillations d'un tuyau d'orgue *J. W. Rayleigh*) qui n'ont pas encore trouvé d'application industrielle, montrent que le vaste domaine d'utilisation pour la compression ou la détente des fluides, des forces d'inertie, ou d'impulsions avec apport conjugué d'énergie intrinsèque (dont l'aspect moderne relativiste souligne l'étroite corrélation et la dépendance commune à l'égard des systèmes de référence) est encore loin d'avoir déployé toutes ses ressources.

Mais en dehors même de toute application industrielle nouvelle les progrès modernes de la mécanique des fluides auront joué un grand rôle dans l'imprégnation scientifique de l'industrie mécanique.

Tandis que certains mathématiciens auront su trouver quelque inspiration à leurs recherches dans les problèmes qui leur sont posés par les praticiens, ceux-ci et notamment les jeunes ingénieurs, feront bien d'acquiescer ou de conserver une légitime curiosité – que l'expérience révèle toujours plus ou moins féconde – pour les domaines voisins de la science dont l'étude, même au pis-aller superficielle, est propre à élargir leur horizon; et, tout en portant des fruits parfois inattendus, à procurer à ceux qui s'y vouent de profondes satisfactions intellectuelles.

Plus précisément la conjoncture actuelle paraît particulièrement encourageante pour les spécialistes de la mécanique des fluides, car non seulement le domaine s'en est considérablement élargi dans ces dernières années (magnétohydrodynamique, astronomie physique ...), mais, par un retour inattendu, cette mécanique au langage de laquelle il n'était plus fait qu'un appel restreint dans l'évocation d'un fluide abstrait de probabilité, se trouve réintroduite en physique théorique comme modèle, avec une signification beaucoup plus concrète, à la faveur des découvertes récentes (*F. London, L. Landau, effets W. Meissner et B. D. Josephson*) de la supraconductibilité, dans une interprétation nouvelle macroscopique de l'équation de *Schrödinger* (*R. Feynman*).

Souhaitons que ce tournant peut-être très important de la physique théorique contribue à encourager l'ingénieur, avide de connaître et de comprendre, mais que rebutent parfois les difficultés du sujet; et en dépit des assertions orgueilleuses d'une certaine «mathématique» sacrifiant l'expérience didactique au culte d'une abstraction prématurée, et à la poursuite d'une vaine généralité, que demeure toujours vraie la croyance des grands maîtres (*L. Euler, J. B. Gauss, J. B. Fourier, A. L. Cauchy, Lord Kelvin, M. Planck* etc.), que l'observation de la nature et l'expérimentation demeurent les sources les plus fécondes des grandes découvertes.

Et puisque l'occasion nous en est donnée aujourd'hui en cet anniversaire du Dr. C. Seippel, réjouissons nous que notre ami puisse, tout en poursuivant sa tâche, se donner le témoignage d'avoir été parmi les meilleurs artisans des progrès, de la prospérité et de l'ennoblissement de l'industrie, à laquelle ses collaborateurs et lui, ont voué toute leur carrière.

DK 536.7

## Was ist Wärme?

Von Dr. L. S. Dzung, Baden

### 1. Einleitung

Die Frage nach der Bedeutung des Wortes Wärme scheint auf den ersten Blick recht trivial. Wer versteht nicht den Wunsch, im Winter in der Wärme der Stube bleiben zu wollen? Doch haben manche Wörter in der exakten Wissenschaft eine andere präzisere Bedeutung als in der alltäglichen Sprache. So bedeutet Wärme in der Thermodynamik, mindestens in der modernen Fassung, etwas anderes als die Wärme in der Stube. Dem Ingenieur, der dauernd mit thermischen Maschinen zu tun hat, wird empfohlen, beim Gebrauch des Wortes Wärme in seinen wissenschaftlichen und technischen Berichten die beiden Bedeutungen auseinanderzuhalten. Obwohl die Wissenschaft nicht selten Wörter aus der Umgangssprache ableitet, so kann es trotzdem vorkommen, dass diese Wörter andere, wohldefinierte Bedeutungen erhalten, die von ihrem ursprünglichen Sinn abweichen.

Wissenschaftliche Begriffe wandeln sich oft im Laufe der Zeit. Die Vertiefung wissenschaftlicher Erkenntnis macht es notwendig, bestehende Begriffsbildungen zu revidieren. Als Helmholtz im Jahre 1847 die klassische Abhandlung «Über die Erhaltung der Kraft» schrieb, hatte

«Kraft» die Bedeutung der heutigen «Energie». Ähnlich erfuhrt das Wort Wärme auch verschiedene Abwandlungen seiner Bedeutung.

Seit mehr als anderthalb Jahrhunderten hat man schon geglaubt, die Antwort auf die Frage «Was ist Wärme?» gefunden zu haben. Wenn man aber die anerkannten Lehrbücher über Thermodynamik nachschlägt, stellt man fest, dass der Begriff «Wärme» in keiner Weise einheitlich und abschliessend definiert war. Bis in die Gegenwart findet man immer noch Diskussionsbeiträge über die Bedeutung dieses Wortes in der Fachliteratur, zum Beispiel [1], [2], [3]. Es scheint daher nicht unangebracht, uns heute nochmals mit dieser Frage zu beschäftigen.

Bis zum Ende des letzten Jahrhunderts wurde das Wort «Wärme» ohne präzise und eindeutige Definition verwendet. Die vage Bedeutung in der Umgangssprache wurde übernommen. Darnach wurde mit Wärme jener Zustand bezeichnet, den man als heiss empfindet. In der wissenschaftlichen Sprache bezeichnete das Wort zuerst die Ursache dieses Zustandes. Es war dabei gleichgültig, ob diese Ursache die Ansammlung eines, dem Erhaltungssatz unter-